Bulletin de la Société entomologique de France, **122** (2), 2017 : 209-213.

Musculature abdominale des Acerentomidae (Hexapoda, Protura)

par Jean François

37 rue Alix-de-Vergy, F – 21000 Dijon

(Accepté le 14.III.2017)

Résumé. – Une révision de la description de la musculature abdominale du Protoure *Acerentomon affine* Bagnall, 1912, a été entreprise. La comparaison avec celle des autres aptérygotes Entognathes montre des caractères dérivés : réduction du nombre de muscles et complexité de leur disposition.

Abstract. – **Abdominal musculature of Acerentomidae (Hexapoda, Protura)**. A revision of the description of the abdominal musculature of the proturan *Acerentomon affine* Bagnall, 1912, has been undertaken. The comparison with other apterygotan Entognatha shows derived characters: reduction of the muscular bundles, and complexity of their disposition.

Keywords. – Protura, *Acerentomidae*, abdomen, muscles, comparative anatomy.

Après la publication de la remarquable “Monografia dei Myrientomata” de Berlese (1909), la description de la musculature abdominale des Protoures n’a jamais été réétudiée en un siècle ! Les rares auteurs (Tuxen, 1931 ; Denis, 1949 ; Yin, 1999) qui ont interprété cette musculature ont utilisé la publication de Berlese. Seule la musculature des appareils copulateurs et celle de la glande abdominale ont été réétudiées plus récemment (François & Dallai, 1986, 1989a, b). La taille minuscule (entre 0,7 et 1,3 mm) de ces Hexapodes, les méthodes particulières de récolte, d’étude, et l’emploi obligatoire d’un microscope ont dû rebuter plus d’un entomologiste.

Une relecture de la “Monografia dei Myrientomata” ayant fait apparaître des imprécisions et des erreurs aussi bien dans le texte que les figures, une nouvelle étude des muscles abdominaux chez un Protoure appartenant au genre *Acerentomon* Silvestri, 1907, a été entreprise.

Matériel et méthodes

Le Protoure *Acerentomon affine* Bagnall, 1912, appartenant à la famille des Acerentomidae Silvestri, 1907, a été récolté à l’aide d’un appareil de Tüllgren dans la litière végétale d’une hêtraie au mont Afrique (Côte-d’Or). Des coupes sériées longitudinales et transversales de 5 µm d’épaisseur ont été réalisées, après fixation aux fixateurs de Dubosq-Brazil et de Susa, incluses dans le mélange celloïdine-paraffine et colorées avec la trichrome de Goldner ou l’Azan, permettant une reconstitution dans l’espace. Une vérification a été faite sur des imagos fixés *in toto* avec le mélange éthanol-formol (95/5) et colorés dans un mélange éthanol 95 % + érythrosine (2 %). Sur ces insectes minuscules dont l’exosquelette est de faible épaisseur, avec un abdomen ne dépassant pas 600 µm en longueur, il est possible d’observer les faisceaux musculaires par transparence à l’aide d’un microscope.

Les abréviations entre parenthèses précédées de B et F sont celles utilisées par Berlese (1909) et François (1996).

Résultats

Les particularités de l’exosquelette abdominal des Protoures*,* très bien décrites par Berlese (1909), Tuxen (1931, 1964, 1981), Ionescu (1933), Ewing (1940), Nosek (1973), Imadate (1974), Rusek (1974) et Yin (1999) sont ci-dessous brièvement rappelées chez le genre *Acerentomon.*

L'abdomen (fig. 1) comprend 12 segments dont les 11 premiers segments possèdent un pleurite latéral (pl) et des antecosta (ac). Les segments 1 à 3 possèdent des appendices rudimentaires (aa1-3), dont seul le premier est biarticulé. Le segment 8 est particulier : il est pourvu d'une ornementation circulaire, appelée "bande striée" (bs) ; son tergite possède une formation appelée "grande pectine" (p) surplombant l'orifice de la glande abdominale. Les cerques, un "filum terminale" et les stigmates trachéens sont absents. Les membranes intersegmentaires sont bien développées.

Le premier segment possède 15 paires de muscles, les segments 2-7 : 8 paires de muscles, le segment 8 : 6 paires de muscles et les segments 9-12 : 4 paires de muscles (fig. 1). Ces muscles peuvent être regroupés en 5 groupes.

Muscles longitudinaux dorsaux et ventraux. – *ld1* : originaire de l'antecosta dorsale, (B : ω) en position médio-dorsale, formé de plusieurs faisceaux parallèles et inséré sur l'antecosta dorsale suivante, présent dans les segments 1 à 11 (B : fld ; F : ld1).

ld2 : provenant du centre de la branche longitudinale de l'antecosta dorsale, et inséré sur la branche arrière de l'antecosta suivante, présent dans les segments 1 à 11 (B : odt ; F : ld2).

ld3 : présent dans les segments 1 à 7, originaire latéralement sur l'antecosta dorsale et inséré sur le pleurite du segment suivant (B : odp ; F : ld2).

lv1 : provenant de l'antecosta (B : ω2) ventrale, en position latérale, et se rendant à l'antecosta ventrale suivante, présent dans les segments 1 à 11 (B : flv ; F : lv1).

lv2 : provenant de l'antecosta ventrale, à côté du muscle lv1, et s'insérant latéralement sur l'antecosta ventrale suivante, présent dans les segments 1 à 11 (B : il ; F : lv).

lv3 : formant un faisceau en V provenant du centre de l'antecosta ventrale, et s'insérant sur la marge latérale de l'antecosta ventrale suivante, en passant au-dessus des muscles lv1 et lv2, présent dans les segments 1 à 8 (B : cu ; F : lv3).

Muscles dorso-ventraux. – *dv1* : provenant de la partie latérale du tergite, et inséré sur la marge latérale du sternite dans les segments 1 à 8 (B : dvu, F : dv1).

dv2 : provenant de l'antecosta ventrale et s'insérant sur l'antecosta dorsale du segment suivant dans les segments 1 à 7 (B : tsu).

dv3 : provenant de l'antecosta dorsale latérale et s'insérant sur l'antecosta ventrale suivante dans les segments 1 à 7 (B : dsu).

dv4 : deux faisceaux provenant de l'endosternite métathoracique (en) et insérés sur le pleurite du segment, présents dans le segment 1 (F : dv6).

On notera les exceptions suivantes : les muscles lv1, lv2, lv3 et dv4 du premier segment abdominal ont pour origine la face arrière de l'endosternite conjonctif métathoracique (B : π ; F : en III).

Muscle de l'orifice de la glande abdominale. – *mg* : inséré sur la paroi ventrale de l'orifice glandulaire et provenant de l'antecosta ventrale du segment 8 (B : mo ; F : mdc).

Muscles de l'appendice abdominal (aa1) du segment 1

– Muscles extrinsèques. *pa* : protracteur de l'appendice abdominal 1, provenant du tergite 1, comme le précédent, et inséré sur la marge avant de l'article 1 (B : dvu2r) ; *ra* : rétracteur de l'appendice abdominal 1 provenant du tergite 1, en arrière de l'antecosta dorsale, et inséré sur la marge arrière de l'article 1 (B : dvu2p).

– Muscles intrinsèques. *pa1* : protracteur, allant de la paroi avant de l'article 1 à la marge arrière de l'article 2 (B : ass) ; *ra1* : rétracteur, provenant de la paroi arrière de l'article 1 et inséré la marge avant de l'article 2 (B : abs) ; *rv* : rétracteur, allant de la marge dorsale de l'article 1 à la vésicule terminale (B : rv).

Les appendices des second et troisième segments (aa2, aa3) sont dépourvus de muscles moteurs.

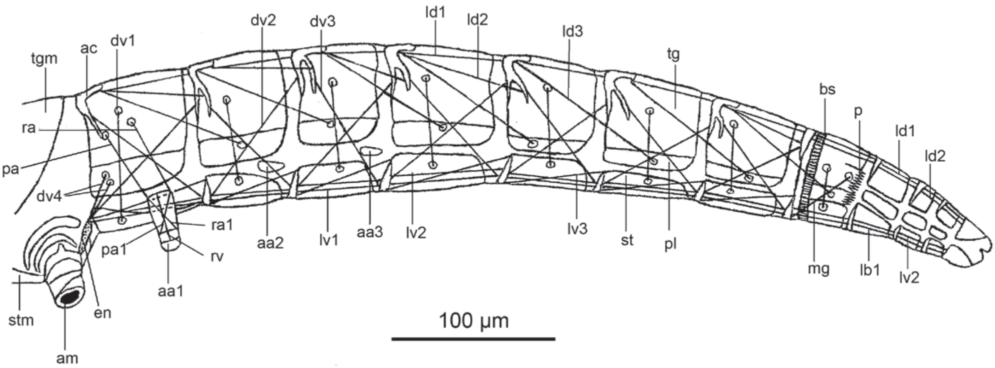


Fig. 1. – *Acerentomon affine* Bagnall, musculature abdominale, vue latérale. aa : appendice abdominal ; ac : antecosta ; am : appendice métathoracique ; bs : bande striée ; at : appendice métathoracique ; dv : muscle dorso-ventral ; en : endosternite métathoracique ; ld : muscle longitudinal dorsal ; lv : muscle longitudinal ventral ; mg : mucle de la glande abdominale ; p : grande pectine ; pl : pleurite ; pa : muscle protracteur ; pa1 : muscle protracteur de l'article 2 ; ra : muscle rétracteur ; ra1 : muscle rétracteur de l'article 2 ; rv : muscle rétracteur de la vésicule terminale ; st : sternite ; stm : sternite métathoracique ; tg ; tergite ; tgm : tergite métathoracique . Échelle : 100 µm.

Muscles des appareils copulateurs femelle et mâle. – La musculature extrinsèque a été décrite par François & Dallai (1989a, b). Elle comprend trois muscles : un dilatateur de la chambre génitale provenant du tergite 9, un rétracteur provenant du sternite 9, et un protracteur provenant de l'antecosta dorsale 9.

L'abdomen de cet Acerentomidé est entièrement dépourvu d'endosternites conjonctifs.

Discussion

Cette étude permettant de corriger les erreurs contenues dans la "Monografia" de Berlese (1909), donne une nouvelle interprétation des faisceaux musculaires, et permet une comparaison de la musculature de ce Protoure avec celle des autres Hexapodes.

La présence de sclérites pleuraux, résultant de la fragmentation de la marge ventrale du tergite (Berlese, 1909 ; Tuxen, 1931 ; Janetschek, 1970 ; Yin, 1999) laisse interpréter le muscle ld 3, inséré sur le pleurite comme un muscle longitudinal dorsal. Selon Berlese (1909), ce muscle serait particulier aux Acerentomidae.

La musculature des derniers segments abdominaux (9 à 11), comparée à celle des segments 1-8, est simplifiée, avec seulement quatre faisceaux musculaires : les longitudinaux dorsaux (ld1 et ld2) et longitudinaux ventraux (lv1 et lv2), les muscles lv3, ld3, dv1, dv2 et dv3 étant absents. Cette réduction est probablement en relation avec le développement post-embryonnaire très particulier des Protoures chez les Hexapodes, à savoir l'anamorphose : l'augmentation du nombre des segments abdominaux de 9 à 12, avec 9 segments chez les stades larvaires 1 et 2, 10 segments chez le stade 3, et 12 segments à partir du stade larvaire 4.

Comparée à celle des autres Insectes aptérygotes (Denis, 1949 ; Paclt, 1956 ; Bretfeld, 1963 ; Eisenbeis, 1972 ; Matsuda, 1976 ; Bitsch, 1979), la musculature abdominale de ce Protoure apparaît simplifiée ; de ce fait elle semble donc pouvoir être qualifiée de dérivée. Elle comprend seulement trois muscles longitudinaux dorsaux (ld1, ld 2, ld 3), trois muscles longitudinaux ventraux (lv1, lv 2, lv3), et quatre muscles dorso-ventraux (dv1, dv2, dv3, dv4). On remarquera l'entrecroisement des muscles (ld3, dv2 et dv3), entrecroisement retrouvé dans le thorax (Berlese, 1909 ; François, 1996).

Les Protoures ont des appendices abdominaux rudimentaires, présents à tous les stades du développement (Berlese, 1909 ; Tuxen, 1931, 1964, 1981 ; François, 1960 ; Janetschek, 1970 ; Nosek, 1973 ; Rusek, 1974 ; Yin, 1999). Le premier appendice abdominal possède sa propre musculature extrinsèque et intrinsèque (muscles protracteurs et rétracteurs), les deuxièmes et troisièmes appendices étant dépourvus de musculature. Ce type d'appendice, interprété comme ancestral, est homologue aux styles, organes coxaux et vésicules coxales des Diploures, aux styles et vésicules coxales des Thysanoures, au tube ventral et à l'appareil saltatoire des Collemboles, aux appendices abdominaux des larves de Lépidoptères (appelées fausses pattes) et aux appendices abdominaux des larves des Symphytes tenthrédoïdes (Denis, 1949 ; Paclt, 1956 ; Bretfeld, 1963 ; Eisenbeis, 1972 ; Matsuda, 1976 ; Bitsch, 1979).

La musculature extrinsèque de l'appareil copulateur des femelles et des mâles provient du segment 9. Il est donc un dérivé appendiculaire du segment 9 (François & Dallai, 1989a, b). L'utilisation de solutions éclaircissantes détruisant les muscles a donné l'illusion à de nombreux entomologistes que les appareils copulateurs dépendaient du segment 11.

Il n'existe pas, comme dans le thorax (Berlese, 1909 ; François, 1996) de muscles bisegmentaires ou plurisegmentaires

Dans l'abdomen d'*Acerentomon affine*, les endosternites formés de tissu conjonctif sur lesquels sont inséré de nombreux muscles sont absents, contrairement à ce qui existe dans le thorax (François, 1996). Ces formations sont présentes chez les autres Entotrophes et les Thysanoures (Matsuda, 1976 ; Boudreaux, 1978 ; Bitsch, 1979). Cette absence semble pouvoir s'interpréter comme un caractère dérivé, comparativement aux autres Aptérygotes.

Les Protoures se rencontrent dans un milieu particulier, à forte humidité (litière végétale, sous les pierres, mousses, sols forestiers, humus, prairies). Le développement des membranes intersegmentaires, la présence de muscles longitudinaux, dorso-ventraux et entrecroisés doivent assurer à l'abdomen des Acerentomidés une grande mobilité, leur permettant de se déplacer dans les interstices du milieu où ils vivent.

Auteurs cités

Bagnall R. S., 1912. – Some primitive British Insects. I. The Protura. *Knowledge,* (N. S.) **35** : 215-216.

Berlese A., 1909. – Monografia dei Myrientomata. *Redia,* **9** : 1-182.

Bitsch J., 1979. – Morphologie abdominale des Insectes. *In* : Grassé P. P. (éd.), *Traité de Zoologie,* **8** (2). Paris : Masson, 291-578.

Boudreaux H.B., 1978. – *Arthropod phylogeny, with special reference to insects.* Malabar (Florida) : Robert E. Krieger Publishing Company, 320 p.

Bretfeld G., 1963. – Zur Anatomie und Embryologie der Rumpfmuskulatur und der abdominale Anhänge der Collembolen. *Zoologisches Jahrbücher (Anatomie),* **80** : 308-384.

Denis J.-R., 1949. – Sous-classe des Aptérygotes. *In* : Grassé P. P. (éd.), *Traité de Zoologie,* **9**. Paris : Masson, 112-275.

Eisenbeis G., 1972. – Die Thorakal-und Abdominal- Muskulatur von Arten der Springschwang Gattung *Tomocerus* (Collembola: Tomoceridae). *Entomologica Germanica,* **4** : 55-83.

Ewing H.-E., 1940. – The Protura of North America. *Annals of the entomological Society of America,* **33** : 495-551.

François J., 1960. – Développement postembryonnaire d'un Protoure du genre *Acerentomon. Travaux du Laboratoire de Zoologie et de la Station Aquicole Grimaldi de la Faculté des Sciences de Dijon,* **33** : 1-14.

—— 1996. – Squelette et musculature thoracique des Protoures. *Annales de la Société entomologique de France,* (N. S.) **32** : 233-249.

François J. & Dallai R., 1986. – *Les glandes abdominales des Protoures. In* : Dallai R. (éd.), 2nd International Seminar on Apterygota. Siena : University of Siena, 273-280.

François J. & Dallai R., 1989a. – Anatomie et morphologie de l'appareil génital mâle des Protoures (Apterygota). *Annales de la Société entomologique de France,* (N. S.) **25** : 121-133.

—— 1989b. – *Les genitalia femelles des Protoures*. *In* : Dallai R. (éd.), 3rd International Seminar on Apterygota. Siena : University of Siena, 265-269.

Imadate G., 1974. – *Protura (Insecta). Fauna Japonica*. Tokyo : Keigaku Publisingh Co., 351 p.

Ionescu M. A., 1933. – La chaetotaxie du genre *Acerentomon*. Contribution à la connaissance de la morphologie des Protoures. *Notationes biologicae,* **1** : 6-13.

Janetschek H., 1970. – Protura. *In* : Helmcke J. G., Starck D. & Wermuth H. (éds.), *Handbuch der Zoologie,* **4** (2/2). Berlin : Walter de Gruyter : 1-72.

Matsuda R., 1976. – Morphology and evolution of insect abdomen. *International Series in Pure and Applied Biology, Zoological Division,* **56**. Oxford : Pergamon Press, 534 p.

Nosek J., 1973. – *The European Protura. Their taxonomy, ecology and distribution with keys for determination.* Genève : Muséum d'Histoire Naturelle, 345 p.

Paclt J., 1956. – *Biologie der primär flügellosen Insekten.* Jena : Fischer Verlag, 258 p.

Rusek J., 1974. – Zur Morphologie und Phylogenesis der Abdominalbeine der Protura. *Pedobiologia,* **14** : 134-137.

Tuxen S. L., 1931. – Monographie der Proturen. I. Morphologie nebst Bemerkungen über Systematik und Ökologie. *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere,* (A) **22** : 671-720.

—— 1964. – *The Protura. A revision of the species of the world with keys for determination.* Paris : Hermann, 360 p.

—— 1981. – The systematic importance of the "striate band" and the abdomen legs in Acerentomidae (Insecta, Protura) with a tentative key to acerentomid genera. *Entomological Scandinavica,* **15** : 125-140.

Yin W. Y., 1999. – *Arthropoda. Protura. Fauna Sinica*. Beijing : Science Press, 510 p. (en chinois avec résumé anglais).